



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I602962 B

(45)公告日：中華民國 106 (2017) 年 10 月 21 日

(21)申請案號：102117441

(22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 05 月 16 日

(51)Int. Cl. : **D01F8/12 (2006.01)****D04H13/00 (2006.01)****B32B5/22 (2006.01)****F41H5/04 (2006.01)**

(30)優先權：2012/05/17 美國

61/648,520

2013/03/14 美國

13/830,733

(71)申請人：哈尼威爾國際公司(美國) HONEYWELL INTERNATIONAL INC. (US)

美國

(72)發明人：亞維德森 布里安 D ARVIDSON, BRIAN D. (US)；伯哈納加 艾霍克

BHATNAGAR, ASHOK (US)；郝斯特 大衛 A HURST, DAVID A. (US)；藍戴爾

羅伯特 C RAMSDELL, ROBERT C. (US)；華格納 勞瑞 L WAGNER, LORI L.

(US)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：

CN 1347364A

CN 101522968A

US 5677029

US 2004/0092183A1

審查人員：王建富

申請專利範圍項數：13 項 圖式數：0 共 31 頁

(54)名稱

混合纖維單向帶及複合層合物

HYBRID FIBER UNIDIRECTIONAL TAPE AND COMPOSITE LAMINATES

(57)摘要

本發明係關於一種由單層內併有多種不同纖維或條帶類型之纖維/條帶層形成之防彈材料及物品。該等不同纖維或條帶類型在物理上相異，但可能在化學上不同或在化學上實質上類似。

Ballistic resistant materials and articles formed from fiber/tape plies that incorporate multiple different fiber or tape types within a single ply. The different fiber or tape types are physically dissimilar but may be chemically different or substantially chemically similar.

公告本
發明摘要

※ 申請案號： 102-117441

D01F 8/12 (2006.01)

D04H 13/00 (2006.01)

※ 申請日： 102. 5. 10

※IPC 分類：B32B 5/22 (2006.01)

F41H 5/04 (2006.01)

【發明名稱】

混合纖維單向帶及複合層合物

HYBRID FIBER UNIDIRECTIONAL TAPE AND COMPOSITE
LAMINATES

【中文】

本發明係關於一種由單層內併有多種不同纖維或條帶類型之纖維/條帶層形成之防彈材料及物品。該等不同纖維或條帶類型在物理上相異，但可能在化學上不同或在化學上實質上類似。

【英文】

Ballistic resistant materials and articles formed from fiber/tape plies that incorporate multiple different fiber or tape types within a single ply. The different fiber or tape types are physically dissimilar but may be chemically different or substantially chemically similar.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：(無)

【本代表圖之符號簡單說明】：

(無)

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

(無)

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】

混合纖維單向帶及複合層合物

HYBRID FIBER UNIDIRECTIONAL TAPE AND COMPOSITE
LAMINATES

相關申請案之交叉參考

本申請案主張2012年5月17日申請之同在申請中之美國臨時申請案第61/648,520號之權利，其揭示內容以全文引用之方式併入本文中。

【技術領域】

本發明係關於由單一纖維層內併有多種不同纖維類型之纖維層形成之防彈材料及物品。

【先前技術】

含有高強度纖維之防彈物品已熟知。諸如防彈背心、頭盔、車輛面板及軍用設備之結構構件之物品通常由包含高強度纖維之織物製成。已知許多類型之高強度纖維，諸如超高分子量聚乙烯纖維、芳族聚醯胺纖維、聚苯并噁唑纖維、液晶共聚酯纖維及M5®剛棒型纖維。參見例如美國專利4,403,012、4,457,985、4,613,535、4,623,574、4,650,710、4,737,402、4,748,064、5,552,208、5,587,230、6,642,159、6,841,492、6,846,758(該等專利之揭示內容以與本文一致之程度以引用之方式併入本文中)，其描述由超高分子量聚乙烯形成之防彈複合物。

各纖維類型具有其自身獨特特性及性質，且因此，由高強度纖維製造之複合物的性質可能視所用纖維類型而變化。舉例而言，芳族

聚醯胺纖維具有高表面能，因為其表面含有極性官能基，且因此樹脂對芳族聚醯胺纖維通常展現強親和力。相比而言，超高分子量聚乙烯纖維具天然惰性且對樹脂塗層通常展現較弱親和力。視複合物之所需最終用途而定，此差異可為重要的。

影響防彈性之另一因素為織物構造之類型。舉例而言，在諸如防彈背心之應用中，可能需要在不用聚合黏合劑塗佈纖維的情況下製造編織物或針織物以形成可撓織物複合物。在諸如防彈頭盔之其他應用中，可能需要將纖維囊封或嵌入聚合黏合劑材料中以形成非編織剛性織物複合物。

就此而言，非編織單向複合物在鎧甲工業中為效能最高材料之一。在製造非編織單向複合物之典型方法中，多層單向排列纖維定向堆疊且熱量及壓力下擠壓在一起以產生複合物。為利用不同纖維類型之不同性質，已知形成混合非編織複合物，其中由不同纖維類型形成之纖維層合併成單一鎧甲結構。參見例如美國專利 5,179,244 及 5,180,880，其教示芳族聚醯胺及非芳族聚醯胺纖維層結合成組合結構之人體鎧甲。亦參見美國專利 6,119,575，其教示一種混合結構，其包含至少一層位於第一聚合基質中之芳族纖維、至少一層編織塑膠及至少一層位於第二聚合基質中之聚烯烴纖維。

在美國專利 5,179,244；5,180,880 及 6,119,575 所述之各複合物中，個別組成層各自僅由一種纖維類型組成，其中一個單向纖維層完全由一種纖維類型形成而其他纖維層由另一纖維類型形成。該種構造未能充分利用不同纖維之不同性質，諸如樹脂黏著性、固結溫度、摩擦特性、耐切割性等。另外，歸因於其物理構造之性質，該等混合結構在複合物均質性及各纖維類型在複合物內之百分比方面受到過度限制。在此項技術中需要針對此等缺陷之解決方案，而本發明提供滿足此需要之解決方案。特定言之，已發現藉由在單一纖維層內合併不同

類型之纖維，可達成協同效應，其中各纖維類型之不同性質較佳彼此補充，從而形成改良之防彈複合物。

複合物之抗彈穿性與複合物之組成性纖維之強度直接相關，其中諸如韌度及/或拉伸模數之纖維強度性質增強與 V_{50} 速度增加相關。因此，本文中需要具有高拉伸性質之纖維，諸如超高分子量聚乙烯纖維。背面特徵(此項技術中亦稱為「背面變形」、「損傷特徵」或「鈍力損傷」)與樹脂塗層在樹脂/纖維界面處之纖維上之黏合強度之間亦直接相關，其中較強黏合強度與較低背面特徵相關。因此，本文中需要對樹脂/聚合物塗層具有強親和力之纖維，諸如芳族聚醯胺纖維。

已知諸如碳纖維、玻璃纖維及聚酯纖維(諸如聚對苯二甲酸乙二酯及聚萘二甲酸乙二酯纖維)之其他高效結構纖維提供其他所需性質，諸如熱穩定性、耐磨性、耐切割性且衝擊能吸收。本發明之纖維材料係由一或多個混合纖維層形成，該一或多個混合纖維層係藉由合併至少兩種不同纖維類型而形成，以利用各種纖維類型提供之不同有利性質而不交換或犧牲其他所需性質。

【發明內容】

本發明提供一種包含至少一個混合層之材料，該混合層包含複數根纖維或複數條條帶，該複數根纖維包含至少兩種物理上不同的纖維類型且該複數條條帶包含至少兩種物理上不同的條帶類型，該等物理上不同的纖維或條帶類型具有至少一種相異的物理性質。

本發明亦提供一種包含至少一個混合層之非編織材料，各混合層包含複數根單向定向、實質上平行的纖維或複數條單向定向、實質上平行的條帶，該複數根纖維包含至少兩種物理上不同的纖維類型且該複數條條帶包含至少兩種物理上不同的條帶類型，該等物理上不同的纖維或條帶類型具有至少一種相異的物理性質，且其中各混合層中之相鄰平行纖維或相鄰平行條帶為不同纖維類型或不同條帶類型。

【圖式簡單說明】

無

【實施方式】

所提供之複合物及其他纖維材料達成極佳結構性質、優良抗彈穿性及較低背面特徵效能之平衡。

如本文所用，「混合」具有普通及習用含義，即一物藉由合併兩種或兩種以上不同元素而製成，該兩種或兩種以上不同元素在本發明之上下文中為兩種或兩種以上不同纖維類型、兩種或兩種以上不同條帶類型或其組合。「混合層」可包含複數根纖維，該複數根纖維包含至少兩種物理上不同的纖維類型，該等物理上不同的纖維類型具有至少一種相異的物理性質。或者，「混合層」可包含複數條條帶，該複數條條帶包含至少兩種物理上不同的條帶類型，該等物理上不同的條帶類型具有至少一種相異的物理性質。

如本文所用，不同纖維/條帶類型係指纖維/條帶為至少物理上不同的纖維/條帶類型，亦即纖維/條帶具有至少一種相異的物理性質。纖維/條帶之物理性質之實例包括纖維/條帶拉伸性質，諸如韌度、初始拉伸模數、最終拉伸強度及最終伸長率/斷裂伸長率。其他物理性質包括纖維/條帶密度、纖維/條帶丹尼爾數(denier)、每根長絲之丹尼爾數、蠕變傾向(如由ASTM D6992所測定)、纖維/條帶直徑、電性質(包括諸如介電常數之介電性質及損耗正切性質)及熱性質(包括在纖維/條帶軸向及橫向上之熱膨脹係數)。

如本文所用，物理性質亦包括纖維/條帶表面之物理特性，諸如存在或不存在纖維/條帶表面修整或纖維/條帶表面是否已經處理，諸如藉由電漿處理或電暈處理。各種表面處理描述於同在申請中之申請案第61/531,233號；第61/531,255號；第61/531,268號；第61/531,302號；及第61/531,323號中，該等案之全部揭示內容以引用之方式併入

本文中。

出於本發明之目的，「纖維」為細長體，其長度尺寸遠大於寬度及厚度之橫向尺寸。用於本發明中之纖維的橫截面可廣泛變化，且其橫截面可為圓形、扁平形或長方形。因此，術語「纖維」包括具有規則或不規則橫截面之長絲、絲帶、條狀物及其類似物，但纖維較佳具有實質上圓形的橫截面。如本文所用，術語「紗線」定義為由多根纖維或細絲組成之單一連續股束。單一纖維可僅由一根長絲或由多根長絲形成。僅由一根長絲形成之纖維在本文中稱為「單長絲」纖維或「單絲」纖維，且由複數根長絲形成之纖維在本文中稱為「複絲」纖維。複絲纖維之定義在本文中亦涵蓋假單絲纖維，其為描述至少部分融合在一起且看起來類似單絲纖維之複絲纖維的技術術語。本發明之複絲纖維較佳包括2至約1000根長絲，更佳30至500根長絲，更佳100至500根長絲，更佳約100根長絲至約250根長絲且最佳約120至約240根長絲。在此項技術中複絲纖維往往亦稱為纖維束。

如本文所用之「纖維層」或「條帶層」可包含實質上非重疊單向定向纖維、纖維條帶、非纖維條帶或其組合之單一片材或一般平面層。此可替代地描述為實質上平行纖維/條帶之陣列。此類型之纖維/條帶排列在此項技術中亦稱為「單帶」、「單向帶」、「UD」或「UDT」。如本文所用，「陣列」描述纖維、紗線或條帶(不包括編織物)之有序排列，且「平行陣列」描述纖維、紗線或條帶之有序平行排列。如在「定向纖維」之情形中所用的術語「定向」係指纖維之對準。「纖維層」亦可指編織物。單「層」不包括固結結構，此固結結構併有多種編織物或經堆疊且合併之實質上平行纖維/條帶之多個陣列。

另一方面，如本文所用之「纖維層」或「條帶層」可包含單向定向纖維/條帶之單層、單向定向纖維/條帶之複數個固結層、編織

物、複數個固結編織物或已由複數根纖維/條帶形成之任何其他織物結構，包括氈、墊及其他結構，諸如包含隨機定向纖維/條帶之彼等結構。「層」描述大體平面排列。纖維層將具有外部頂表面及外部底表面。

術語「織物」描述在存在或不存在層之成型或固結之情況下可包括一或多個纖維層之結構。舉例而言，編織物或氈可包含單一纖維層。由單向纖維/條帶形成之非編織物通常包含複數個彼此堆疊且固結之纖維層。當本文中使用时，「單層」結構係指由一或多個個別層或已合併(亦即藉由低壓層合或藉由高壓成型(視情況與聚合黏合劑材料一起)固結成單一整體結構)之個別層形成之任何單片纖維結構。

「固結」意謂聚合黏合劑材料與各纖維層一起組合為單一整體層。固結可經由乾燥、冷卻、加熱、壓力或其組合來進行。由於纖維/條帶或織物層可剛好膠合在一起，因此可不需要熱量及/或壓力，在濕式層合製程中情況的確如此。術語「複合物」通常係指纖維/條帶與至少一種聚合黏合劑材料之組合。「複體複合物」係指複數個纖維/條帶層之固結組合。如本文所描述，「非編織」織物包括並非藉由編織而形成之所有織物結構。舉例而言，非編織物可包含至少部分經聚合黏合劑材料塗佈、堆疊/重疊及固結成單層、單片元件之複數條單帶以及包含較佳經聚合黏合劑組合物塗佈之非平行隨機定向纖維之氈或墊。

如本文所用，術語「條帶」係指纖維或非纖維材料之窄條。條帶通常為扁平結構，其具有實質上矩形橫截面且厚度為約0.5 mm或小於0.5 mm、更佳約0.25 mm或小於0.25 mm、更佳約0.1 mm或小於0.1 mm且更佳約0.05 mm或小於0.05 mm。在最佳實施例中，聚合條帶之厚度高達約3密耳(76.2 μm)，更佳約0.35密耳(8.89 μm)至約3密耳(76.2 μm)，且更佳約0.35密耳至約1.5密耳(38.1 μm)。厚度係在橫截面之最

厚區域處量測。通常，條帶之寬度小於或等於約6吋(15.24 cm)，且較佳寬度為約2.5 mm至約50 mm，更佳約5 mm至約50 mm，更佳約5 mm至約25.4 mm (1吋)，甚至更佳約5 mm至約20 mm，且最佳約5 mm至約10 mm。此等尺寸可變化，但本文中形成之聚合條帶最佳製造成具有達成一般橫截面縱橫比(亦即在條帶物品之長度上平均化之橫截面最大尺寸與最小尺寸之比率)之尺寸，該一般橫截面縱橫比大於約3:1，更佳至少約5:1，更佳至少約10:1，更佳至少約20:1，更佳至少約50:1，更佳至少約100:1，更佳至少約250:1，且最佳聚合條帶之一般橫截面縱橫比為至少約400:1。

條帶可為纖維材料或非纖維材料。「纖維」條帶材料為包含一或多根長絲之條帶。本發明之聚合條帶的橫截面可為矩形、橢圓形、多角形、不規則形或具有滿足本文中概述之寬度、厚度及縱橫比要求之任何形狀。

用於製造纖維條帶之方法描述於例如美國專利8,236,119及美國專利申請案第13/021,262號；第13/494,641號；第13/568,097號；第13/647,926號及第13/708,360號中，該等文獻之揭示內容以引用之方式併入本文中。用於製造纖維條帶之其他方法描述於例如美國專利2,035,138；4,124,420；5,115,839中，或此等其他方法係使用專門用於編織窄編織物或絲帶之織帶機。適用織帶機揭示於例如美國專利4,541,461；5,564,477；7,451,787及7,857,012中，其各自讓渡於Stansstad, Switzerland之Textilma AG，且其各自以與本文一致之程度以引用之方式併入本文中，但是任何替代織帶機同樣適用。聚合條帶亦可藉由其他習知方法形成，諸如擠出、拉製、切膜技術等。舉例而言，可將具有標準厚度之單帶切割或縱切成具有所需長度之條帶。切割設備之實例揭示於美國專利6,098,510中，其教示一種用於當片材網捲繞至該捲筒上時將其切割之設備。切割設備之另一實例揭示於美國

專利6,148,871中，其教示一種用複數個刀片將聚合薄膜之薄片切割成複數個薄膜條之設備。美國專利6,098,510與美國專利6,148,871之揭示內容均以與本文一致之程度以引用之方式併入本文中。用於製造非編織非纖維聚合條帶之方法描述於例如美國專利7,300,691；7,964,266及7,964,267中，其以引用之方式併入本文中。在此等各個條帶實施例中，帶基材料之多個層可在存在或不存在聚合黏合劑材料之情況下以與纖維材料類似之方式堆疊且固結/成型。

非纖維聚合條帶係藉由習知方法形成，諸如擠出、拉製、切膜技術、纖維壓縮/平坦化技術等。舉例而言，可將具有標準厚度之單帶切割或縱切成具有所需長度之條帶，其為由多層非編織纖維層產生條帶之所需方法。縱切設備之實例揭示於美國專利6,098,510中，其教示一種用於當片材網捲繞至該捲筒上時將其切割之設備。切割設備之另一實例揭示於美國專利6,148,871中，其教示一種用複數個刀片將聚合薄膜之薄片切割成複數個薄膜條之設備。美國專利6,098,510與美國專利6,148,871之揭示內容均以與本文一致之程度以引用之方式併入本文中。其他例示性方法描述於美國專利7,300,691；7,964,266及7,964,267中，該等專利以與本文一致之程度以引用之方式併入本文中。亦已知藉由編織薄織物條形成窄條帶結構，其通常可藉由調整任何習知編織機之設定(諸如揭示於美國專利2,035,138；4,124,420；5,115,839 (該等專利以與本文一致之程度以引用之方式併入本文中)中之彼等設定)或藉由使用專門用於編織窄編織物或絲帶之織帶機來實現。適用織帶機揭示於例如美國專利4,541,461；5,564,477；7,451,787及7,857,012中，其各自讓渡於 Stansstad, Switzerland 之 Textilma AG，且其各自以與本文一致之程度以引用之方式併入本文中，但是任何替代織帶機同樣適用。

在混合纖維層中至少一部分纖維為高強度、高拉伸模數聚合纖

維。如本文所用，「高強度、高拉伸模數」纖維為較佳韌度為至少約7公克/丹尼爾或大於7公克/丹尼爾、較佳拉伸模數為至少約150公克/丹尼爾或大於150公克/丹尼爾且較佳斷裂能為至少約8 J/g或大於8 J/g之纖維，其各自如藉由ASTM D2256纖維所量測。如本文所用，術語「丹尼爾」係指線性密度單位，等於每9000公尺纖維之質量(公克)。如本文所用，術語「韌度」係指以未受應力試樣之每單位線性密度(丹尼爾)之力(公克)表示之拉伸應力。纖維之「初始模數」為表示材料抗變形性之性質。術語「拉伸模數」係指以每丹尼爾之公克力(g/d)表示之韌度變化與以原始纖維長度之分數(in/in)表示之應變變化之比率。

尤其適合之高強度、高拉伸模數纖維包括聚烯烴纖維，包括高密度及低密度聚乙烯。尤佳為伸展鏈聚烯烴纖維，諸如高度定向、高分子量聚乙烯纖維，尤其超高分子量聚乙烯纖維；及聚丙烯纖維，尤其超高分子量聚丙烯纖維。亦適合者為芳族聚醯胺纖維(尤其對芳族聚醯胺纖維)、聚醯胺纖維、聚對苯二甲酸乙二酯纖維、聚萘二甲酸乙二酯纖維、伸展鏈聚乙烯醇纖維、伸展鏈聚丙烯腈纖維、聚苯并噁唑(PBO)纖維、聚苯并噻唑(PBT)纖維、液晶共聚酯纖維、剛棒型纖維(諸如M5®纖維)及玻璃纖維，包括電子級玻璃纖維(E級玻璃；具有良好電學性質之低鹼金屬硼矽酸鹽玻璃)、結構級玻璃纖維(S級玻璃；高強度氧化鎂-氧化鋁-矽酸鹽)及抗性級玻璃纖維(R級玻璃；不含氧化鎂或氧化鈣之高強度矽酸鋁玻璃)。此等纖維類型各自在此項技術中為習知的。以上材料之共聚物、嵌段聚合物及摻合物亦適合於製造聚合纖維。

最佳纖維類型包括聚乙烯(尤其伸展鏈聚乙烯纖維)、芳族聚醯胺纖維、PBO纖維、液晶共聚酯纖維、聚丙烯纖維(尤其高度定向伸展鏈聚丙烯纖維)、聚乙烯醇纖維、聚丙烯腈纖維及剛棒型纖維(尤其

M5®纖維)。

在聚乙烯情況下，較佳纖維為分子量為至少300,000、較佳至少一百萬且更佳兩百萬與五百萬之間的伸展鏈聚乙烯。該等伸展鏈聚乙烯(ECPE)纖維可以諸如描述於美國專利4,137,394或4,356,138 (其以引用之方式併入本文中)中之溶液紡絲方法生長或可自溶液紡絲以形成凝膠結構，諸如美國專利4,413,110；4,536,536；4,551,296；4,663,101；5,006,390；5,032,338；5,578,374；5,736,244；5,741,451；5,958,582；5,972,498；6,448,359；6,746,975；6,969,553；7,078,099；7,344,668及美國專利申請公開案2007/0231572中所描述，所有該等專利以引用之方式併入本文中。尤佳纖維類型為由Honeywell International Inc.以商標SPECTRA®出售之聚乙烯纖維中之任一者。SPECTRA®纖維在此項技術中已熟知。其他適用聚乙烯纖維類型亦包括可購自Heerlen, The Netherlands之Royal DSM N.V. Corporation之DYNEEMA® UHMWPE紗線。

較佳芳族聚醯胺(芳族聚醯胺)或對芳族聚醯胺纖維可在市面上購得且描述於例如美國專利3,671,542中。舉例而言，適用聚(對伸苯基對苯二甲醯胺)長絲在商業上由DuPont以商標KEVLAR®製造。在商業上由Wilmington, DE之DuPont以商標NOMEX®製造之聚(間伸苯基間苯二甲醯胺)纖維、在商業上由Germany之Teijin Aramid GmbH以商標TWARON®製造之纖維；在商業上由Korea之Kolon Industries, Inc.以商標HERACRON®製造之芳族聚醯胺纖維；在商業上由Russia之Kamensk Volokno JSC製造之對芳族聚醯胺纖維SVM™及RUSAR™及在商業上由Russia之JSC Chim Volokno製造之ARMOST™對芳族聚醯胺纖維亦適用於實施本發明。

適用於實施本發明的PBO纖維可在市面上購得且揭示於例如美國專利5,286,833、5,296,185、5,356,584、5,534,205及6,040,050中，該

等專利各自以引用之方式併入本文中。適用於實施本發明的液晶共聚酯纖維可在市面上購得且揭示於例如美國專利3,975,487；4,118,372及4,161,470（其各自以引用之方式併入本文中）中，且包括可購自Tokyo, Japan之Kuraray Co., Ltd.的VECTRAN®液晶共聚酯纖維。適合聚丙烯纖維包括如美國專利4,413,110（其以引用之方式併入本文中）中所述之高度定向伸展鏈聚丙烯（ECP）纖維。適合聚乙烯醇（PV-OH）纖維描述於例如美國專利4,440,711及4,599,267中，該等專利以引用之方式併入本文中。適合聚丙烯腈（PAN）纖維揭示於例如美國專利4,535,027中，該專利以引用之方式併入本文中。此等纖維類型各自為習知的且可廣泛地在市面上購得。

M5®纖維係由吡啶并雙咪唑-2,6-二基(2,5-二羥基-對伸苯基)形成且最近由Richmond, Virginia之Magellan Systems International製造，且描述於例如美國專利5,674,969、5,939,553、5,945,537及6,040,478中，該等專利各自以引用之方式併入本文中。

適用玻璃纖維包括S級玻璃纖維、可購自Aiken, South Carolina之AGY的S2-Glass®纖維及可購自Battice, Belgium之3B Fibreglass的HiPerTex™E級玻璃纖維。R級玻璃纖維亦適合，諸如可以商標VETROTEX®購自Courbevoie, France之Saint-Gobain的彼等R級玻璃纖維。所有上述材料之組合亦適合。

可根據上述方法使用上述纖維/長絲類型中之任一者製造纖維條帶材料。尤其適合之高強度、高拉伸模數非纖維聚合條帶材料為聚烯烴條帶。較佳聚烯烴條帶包括聚乙烯條帶，諸如可以商標TENSYLON®購得之彼等聚乙烯條帶，其可購自Wilmington, DE之E.I. du Pont de Nemours and Company。參見例如美國專利5,091,133；7,964,266及7,964,267，其以引用之方式併入本文中。聚丙烯條帶亦適合，諸如可以商標TEGRIS®購自Spartanburg, South Carolina之

Milliken & Company 的彼等聚丙烯條帶。參見例如美國專利 7,300,691，其以引用之方式併入本文中。適用作本文中之耐剝落基板的聚烯烴條帶基複合物亦可以例如商標 DYNEEMA®BT10 購自 Heerlen, The Netherlands 之 Royal DSM N.V. Corporation 且以商標 ENDUMAX® 購自 Germany 之 Teijin Aramid GmbH。

纖維/條帶可具有任何適合丹尼爾數。舉例而言，纖維之丹尼爾數可為約 50 至約 3000 丹尼爾，更佳約 200 至 3000 丹尼爾，更佳約 650 至約 2000 丹尼爾，且最佳約 800 至約 1500 丹尼爾。條帶之丹尼爾可為約 50 至約 30,000，更佳約 200 至 10,000 丹尼爾，更佳約 650 至約 2000 丹尼爾，且最佳約 800 至約 1500 丹尼爾。可依據防彈有效性及成本之考量來控制選擇。較精細纖維/條帶之製造及編織成本較高，但可產生每單位重量較大之防彈有效性。

如上文所述，高強度、高拉伸模數纖維/條帶為較佳韌度為約 7 公克/丹尼爾或大於 7 公克/丹尼爾、較佳拉伸模數為約 150 公克/丹尼爾或大於 150 公克/丹尼爾且較佳斷裂能為約 8 J/g 或大於 8 J/g 之纖維/條帶，其各自如藉由 ASTM D2256 所量測。較佳纖維之較佳韌度為約 10 公克/丹尼爾或大於 10 公克/丹尼爾，更佳約 15 公克/丹尼爾或大於 15 公克/丹尼爾，更佳約 20 公克/丹尼爾或大於 20 公克/丹尼爾，更佳約 25 公克/丹尼爾或大於 25 公克/丹尼爾，更佳約 30 公克/丹尼爾或大於 30 公克/丹尼爾，更佳約 40 公克/丹尼爾或大於 40 公克/丹尼爾，更佳約 45 公克/丹尼爾或大於 45 公克/丹尼爾，且最佳約 50 公克/丹尼爾或大於 50 公克/丹尼爾。較佳條帶之較佳韌度為約 10 公克/丹尼爾或大於 10 公克/丹尼爾，更佳約 15 公克/丹尼爾或大於 15 公克/丹尼爾，更佳約 17.5 公克/丹尼爾或大於 17.5 公克/丹尼爾，且最佳約 20 公克/丹尼爾或大於 20 公克/丹尼爾。較寬條帶將具有較低韌度。另外，較佳纖維/條帶之較佳拉伸模數為約 300 公克/丹尼爾或大於 300 公克/丹尼爾，更佳約 400 公克/丹尼爾。

爾或大於400公克/丹尼爾，更佳約500公克/丹尼爾或大於500公克/丹尼爾，更佳約1,000公克/丹尼爾或大於1,000公克/丹尼爾且最佳約1,500公克/丹尼爾或大於1,500公克/丹尼爾。另外，較佳纖維/條帶之較佳斷裂能為約15 J/g或大於15 J/g，更佳約25 J/g或大於25 J/g，更佳約30 J/g或大於30 J/g且最佳地斷裂能為約40 J/g或大於40 J/g。形成具有此等組合高強度性質之各較佳纖維及條帶類型之方法在此項技術中為習知的。

在本發明之一個實施例中，物理上不同纖維/條帶類型之混合纖維或混合條帶層包含化學上實質類似(亦即化學上相同)的物理上相異纖維或條帶，其中化學上相同意謂其係由相同聚合物形成。舉例而言，在較佳材料中，混合纖維層或混合條帶層包含複數個物理上相異的聚乙烯纖維或條帶。在另一較佳纖維材料中，混合纖維層或混合條帶層包含複數個物理上相異的芳族聚醯胺纖維或條帶。在另一較佳纖維材料中，混合纖維層或混合條帶層包含複數個物理上相異的聚苯并噁唑(PBO)纖維或條帶。當化學上相同時，單一混合纖維層或混合條帶層內之纖維/條帶類型將具有至少一種相異的物理性質，諸如不同韌度、不同拉伸模數、不同斷裂伸長率、不同最終拉伸強度、不同纖維/條帶丹尼爾數等。一個或各混合纖維或條帶層亦可在單一混合纖維/條帶層中具有纖維化學性質類似、兩種以上不同的纖維/條帶類型。

在一個較佳實施例中，單一混合纖維層可包含SPECTRA®900纖維、SPECTRA®1000纖維及SPECTRA®3000纖維中之兩者或兩者以上，其所有均可購自Morristown, NJ之Honeywell International Inc.。單一混合纖維層可包含複數根高丹尼爾數纖維與複數根低丹尼爾數纖維之組合，其中該等高丹尼爾數纖維與低丹尼爾數纖維相比具有較大纖維丹尼爾數。舉例而言，混合纖維層可包含650丹尼爾

SPECTRA®900纖維、1200丹尼爾SPECTRA®900纖維、2400丹尼爾SPECTRA®900纖維及4800丹尼爾SPECTRA®900纖維之組合。或者，單一混合纖維層可包含650丹尼爾SPECTRA®900纖維、1200丹尼爾SPECTRA®900纖維、2400丹尼爾SPECTRA®900纖維及4800丹尼爾SPECTRA®900纖維中之兩者或兩者以上之組合。作為另一實例，單一混合纖維層可包含以下兩者或兩者以上之組合：75丹尼爾SPECTRA®1000纖維、100丹尼爾SPECTRA®1000纖維、130丹尼爾SPECTRA®1000纖維、180丹尼爾SPECTRA®1000纖維、215丹尼爾SPECTRA®1000纖維、275丹尼爾SPECTRA®1000纖維、375丹尼爾SPECTRA®1000纖維、435丹尼爾SPECTRA®1000纖維、650丹尼爾SPECTRA®1000纖維、1300丹尼爾SPECTRA®1000纖維、1600丹尼爾SPECTRA®1000纖維及2600丹尼爾SPECTRA®1000纖維。或者，單一混合纖維層可包含1100丹尼爾SPECTRA®3000纖維、1300丹尼爾SPECTRA®3000纖維及1600丹尼爾SPECTRA®3000纖維中之兩者或兩者以上之組合。任何上述SPECTRA®纖維類型與任何種類之芳族聚醯胺纖維、聚苯并噁唑纖維、液晶共聚酯纖維、M5®剛棒型纖維、碳纖維、玻璃纖維、聚酯纖維等(諸如複數根物理上相異的聚乙烯纖維與複數根物理上相異的芳族聚醯胺纖維)之組合亦適用。由上述纖維/長絲類型形成之纖維條帶的類似組合亦適用。

在另一實施例中，單一混合纖維層可包含複數根具有相同纖維丹尼爾數、但纖維之組成長絲具有不同單絲丹尼爾數(dpf)的複絲纖維。在此實施例中，該層中之所有纖維在化學上可實質上類似或該層可包含兩種或兩種以上化學上不同的纖維類型，纖維丹尼爾數可相同，且其可具有相同韌度、拉伸模數等，但單絲丹尼爾數不同。因此，纖維材料包含一或多個混合纖維層，其包含複數根高單絲丹尼爾數纖維及複數根低單絲丹尼爾數纖維，該等高單絲丹尼爾數纖維與低

單絲丹尼爾數纖維相比具有較大的單絲丹尼爾數。作為一個實例，650丹尼爾 SPECTRA®900 纖維之已公開 dpf 為 10.8，而 1200 丹尼爾 SPECTRA®900 纖維之已公開 dpf 為 10.0。由上述纖維/長絲類型形成之纖維條帶的類似組合亦適用。

在另一替代實施例中，混合纖維層可由混合複絲纖維束製造，其中複數種不同長絲類型混合在一起以形成單一混合複絲纖維。該等混合纖維束可例如藉由空氣噴流將不同長絲混紡在一起來製得。接著，複數根該等混合複絲纖維可排列成纖維層且隨後製成纖維材料，諸如編織或非編織物及複合物。然而，各纖維較佳包含複數根物理上實質類似且化學上實質類似之長絲。為促進纖維良好鋪展，亦較佳地，混合纖維層內物理上不同的纖維類型彼此間既不扭結，亦不纏結。

在另一適用實施例中，混合纖維層可包含一些已如申請案第 61/531,233 號；第 61/531,255 號；第 61/531,268 號；第 61/531,302 號；及第 61/531,323 號中所述經電漿處理或電暈處理之纖維以及未經處理之其他纖維。在另一變化形式中，混合纖維層可包含一些已經電漿處理之纖維及已經電暈處理之其他纖維。在另一變化形式中，混合纖維層可包含一些實質上已移除纖維表面修整之纖維(該等纖維亦可視情況經電漿或電暈處理)及纖維表面修整均尚未經移除之其他纖維(該等纖維亦可視情況經電漿或電暈處理)。由上述纖維/長絲類型形成之纖維條帶的類似組合亦適用。

在尤佳混合纖維層或混合條帶層構造中，混合纖維/條帶層包含複數根聚乙烯纖維及複數根芳族聚醯胺纖維。在另一尤佳混合纖維層構造中，該混合纖維層包含複數根韌度為至少約 20 公克/丹尼爾之高強度防彈級纖維，諸如超高分子量聚乙烯纖維或芳族聚醯胺纖維或 PBO 纖維，該層亦包含複數根韌度小於約 10 公克/丹尼爾之高效能結

構級纖維，其包括某些碳纖維、某些玻璃纖維及某些聚酯纖維。在此包含防彈級與結構級纖維之實施例中，混合纖維層之高韌度纖維含量較佳大於50重量%，更佳為至少約60重量%且最佳為至少約70重量%。該等結構級纖維與樹脂/聚合物塗層黏合之親和力大於防彈級纖維。較佳地，在結構級纖維與防彈級纖維組合之層中，樹脂與結構級纖維之黏合強度較佳為樹脂與防彈級纖維之黏合強度的至少兩倍。

當混合纖維/條帶層包含編織物時，該編織物可使用此項技術中熟知之任何技術、使用任何織物編織法(諸如平紋編織法、四經破斜紋編織法、籃式編織法、緞紋編織法、斜紋編織法及其類似編織法)來編織。平紋編織最常見，其中纖維以正交 $0^{\circ}/90^{\circ}$ 取向編織在一起。3D編織方法亦適用，其中藉由水平與垂直地編織經紗及緯紗來製造多層編織結構。

可根據熟知技術合併(亦即固結)複數個混合纖維層及/或混合條帶層，以形成多層纖維層及/或多層條帶層(亦即複體複合物)，其中纖維/條帶可視情況經聚合黏合劑材料塗佈以促進固結。一或多個混合纖維/條帶層亦可與未混合之其他纖維層(亦即由複數個彼此在物理上與化學上相同之纖維/條帶形成之層)合併。然而，多層複合物中之各層較佳為本發明之混合纖維/條帶層。此包括在纖維經或未經聚合黏合劑塗佈/浸漬之情況下將複數個編織纖維層一起合併成複體複合物，以及在纖維經或未經聚合黏合劑塗佈/浸漬之情況下將複數個非編織纖維層合併在一起。

用於製造非編織纖維材料之方法在此項技術中已熟知。舉例而言，在用於形成非編織物之較佳方法中，複數根纖維排列成至少一個陣列，通常排列成纖維網，此纖維網包含複數根以實質上平行之單向陣列對準之纖維。在一個典型方法中，由紗架提供纖維束且穿過導軌及一或多個平壓機(spreader bar)導入準直梳中，隨後用聚合黏合劑材

料塗佈纖維。平壓機及準直梳使成束纖維分散且鋪展開，使其以共面方式並排重組。理想纖維鋪展使得個別長絲或個別纖維在單一纖維平面內彼此相鄰定位，形成纖維之實質上單向的平行陣列而纖維彼此間不重疊。

此形成非編織纖維層之方法可順利控制混合纖維層之組成。舉例而言，由紗架提供之纖維束可排列成使不同類型之纖維端交錯，使得相鄰纖維在混合纖維層之整個寬度上為不同的，或視需要可指定另一種圖案，諸如每隔三根或每隔四根纖維為結構級纖維且其餘為防彈級纖維。在另一方法中，在單一纖維線軸上可組合多種纖維類型。各纖維類型在各混合纖維層內之百分比亦可容易控制，諸如結構級纖維與防彈級纖維之百分比比率為1/99至10/90或1/99至1/95。必要時，纖維類型在混合纖維層內可均勻/均質分佈或接近均質分佈。

如前所述，在某些實施例中，需要用樹脂或聚合黏合劑材料塗佈纖維/條帶。如本文所用，「聚合」黏合劑包括樹脂及橡膠且在此項技術中其通常亦稱為「聚合基質」材料。該等材料藉助於其固有黏著特性或在經受熟知熱量及/或壓力條件之後使纖維/條帶黏合在一起。存在時，聚合黏合劑材料部分或實質上塗佈個別纖維/條帶，較佳實質上塗佈各個別纖維/條帶。

適合聚合黏合劑材料包括低模數彈性材料與高模數剛性材料。如本文中通篇所用，術語拉伸模數意謂彈性模數，對於纖維而言，其係藉由ASTM D2256量測且對於聚合黏合劑材料而言，其藉由ASTM D638量測。由本發明複合物形成之物品的剛性、抗衝擊及防彈性質受塗佈纖維之聚合黏合劑聚合物的拉伸模數影響。較佳聚合黏合劑包含低模數彈性材料。出於本發明的目的，低模數彈性材料之拉伸模數係在約6,000 psi (41.4 MPa)或小於6,000 psi (41.4 MPa)下根據ASTM D638測試程序量測。低模數聚合物較佳為拉伸模數為約4,000 psi

(27.6 MPa)或小於4,000 psi (27.6 MPa)、更佳約2400 psi (16.5 MPa)或小於2400 psi (16.5 MPa)、更佳1200 psi (8.23 MPa)或小於1200 psi (8.23 MPa)且最佳約500 psi (3.45 MPa)或小於500 psi (3.45 MPa)之彈性體。彈性體之玻璃轉移溫度(T_g)較佳為小於約 0°C ，更佳小於約 -40°C ，且最佳小於約 -50°C 。另外，彈性體之較佳斷裂伸長率為至少約50%，更佳至少約100%且斷裂伸長率最佳為至少約300%。可利用具有低模數之多種材料及調配物作為聚合黏合劑。代表性實例包括聚丁二烯、聚異戊二烯、天然橡膠、乙烯-丙烯共聚物、乙烯-丙烯-二烯三元共聚物、聚硫化物聚合物、聚胺基甲酸酯彈性體、氯磺化聚乙烯、聚氯丁烯、塑化聚氯乙烯、丁二烯丙烯腈彈性體、聚(異丁烯-共-異戊二烯)、聚丙烯酸酯、聚酯、聚醚、含氟彈性體、聚矽氧彈性體、乙烯之共聚物、聚醯胺(在一些纖維類型情況下適用)、丙烯腈丁二烯苯乙烯、聚碳酸酯及其組合，以及可在纖維熔點以下固化之其他低模數聚合物及共聚物。不同彈性材料之摻合物或彈性材料與一或多種熱塑性材料之摻合物亦較佳。

共軛二烯與乙烯基芳族單體之嵌段共聚物尤其適用。丁二烯及異戊二烯為較佳共軛二烯彈性體。苯乙烯、乙烯基甲苯及第三丁基苯乙烯為較佳共軛芳族單體。併有聚異戊二烯之嵌段共聚物可經氫化以產生具有飽和烴彈性體區段之熱塑性彈性體。聚合物可為A-B-A型簡單三嵌段共聚物、 $(AB)_n$ 型($n = 2-10$)多嵌段共聚物或 $R-(BA)_x$ 型($x = 3-150$)徑向構型共聚物；其中A為來自聚乙烯基芳族單體之嵌段且B為來自共軛二烯彈性體之嵌段。許多此等聚合物在商業上由Houston, TX之Kraton Polymers製造且描述於公報「Kraton Thermoplastic Rubber」，SC-68-81中。以商標PRINLIN®出售且可購自總部設在Düsseldorf, Germany之Henkel Technologies的苯乙烯-異戊二烯-苯乙烯(SIS)嵌段共聚物之樹脂分散液亦適用。尤佳低模數聚合黏合劑聚合

物包含以商標KRATON®出售且在商業上由Kraton Polymers製造之苯乙烯類嵌段共聚物。尤佳聚合黏合劑材料包含以商標KRATON®出售之聚苯乙烯-聚異戊二烯-聚苯乙烯-嵌段共聚物。

低模數聚合黏合劑材料較佳用於形成可撓性鎧甲材料，而高模數聚合黏合劑材料較佳用於形成剛性鎧甲物品。較佳高模數剛性材料通常具有高於6,000 psi之初始拉伸模數。本文中適用之較佳高模數剛性聚合黏合劑材料包括聚胺基甲酸酯(基於醚與酯)、環氧樹脂、聚丙烯酸酯、酚系/聚乙烯醇縮丁醛(PVB)聚合物、乙烯酯聚合物、苯乙烯-丁二烯嵌段共聚物以及諸如乙烯酯與鄰苯二甲酸二烯丙酯或苯酚甲醛與聚乙烯醇縮丁醛之聚合物的混合物。尤佳剛性聚合黏合劑材料為熱固性聚合物，其較佳可溶於碳-碳飽和溶劑(諸如甲基乙基酮)且當固化時具有如藉由ASTM D638量測之至少約 1×10^6 psi (6895 MPa)之高拉伸模數。尤佳剛性聚合黏合劑材料為描述於美國專利6,642,159(其揭示內容以引用之方式併入本文中)中之彼等剛性聚合黏合劑材料。聚合黏合劑(無論低模數材料或高模數材料)亦可包括諸如碳黑或二氧化矽之填料，可經油擴展或可如此項技術中所熟知藉由硫、過氧化物、金屬氧化物或輻射固化系統硫化。

極性樹脂或極性聚合物，尤其在柔軟與剛性材料範圍內拉伸模數介於約2,000 psi (13.79 MPa)至約8,000 psi (55.16 MPa)範圍內之聚胺基甲酸酯尤其最佳。較佳聚胺基甲酸酯係以最佳不含共溶劑之水性聚胺基甲酸酯分散液形式塗覆。該等水性聚胺基甲酸酯分散液包括水性陰離子聚胺基甲酸酯分散液、水性陽離子聚胺基甲酸酯分散液及水性非離子聚胺基甲酸酯分散液。水性陰離子聚胺基甲酸酯分散液尤佳，且水性陰離子脂族聚胺基甲酸酯分散液最佳。該等水性聚胺基甲酸酯分散液包括水性陰離子聚酯基聚胺基甲酸酯分散液；水性脂族聚酯基聚胺基甲酸酯分散液；及水性陰離子脂族聚酯基聚胺基甲酸酯分

散液，較佳均為不含共溶劑之分散液。該等水性聚胺基甲酸酯分散液亦包括水性陰離子聚醚聚胺基甲酸酯分散液；水性脂族聚醚基聚胺基甲酸酯分散液；及水性陰離子脂族聚醚基聚胺基甲酸酯分散液，較佳均為不含共溶劑之分散液。類似地，水性陽離子及水性非離子分散液之所有相應變化形式(基於聚酯；基於脂族聚酯；基於聚醚；基於脂族聚醚等)較佳。在100%伸長率下模數為約700 psi或大於700 psi且尤佳範圍為700 psi至約3000 psi之脂族聚胺基甲酸酯分散液最佳。在100%伸長率下模數為約1000 psi或大於1000 psi且更佳約1100 psi或大於1100 psi之脂族聚胺基甲酸酯分散液更佳。模數為1000 psi或大於1000 psi、較佳1100 psi或大於1100 psi之脂族聚醚基陰離子聚胺基甲酸酯分散液最佳。

用於塗覆聚合黏合劑材料於纖維/條帶、從而使纖維層被黏合劑浸漬之方法已熟知且容易由熟習此項技術者確定。術語「浸漬」在本文中視為與「包埋」、「塗佈」同義或以其他方式應用於聚合塗料塗覆，其中黏合劑材料擴散至層中而非僅僅位於層之表面上。可利用任何適當塗覆方法來塗覆聚合黏合劑材料且不希望諸如「塗佈」之術語的具體使用限於塗覆於長絲/纖維/條帶之方法。適用方法包括例如噴塗、擠出或滾塗聚合物或聚合物溶液於纖維/條帶上以及輸送纖維/條帶穿過熔融聚合物或聚合物溶液。實質上塗佈或囊封各個別纖維/條帶且用聚合黏合劑材料覆蓋所有或實質上所有纖維/條帶表面積之方法最佳。

在纖維/條帶經視情況選用之黏合劑材料塗佈之後，使經塗佈纖維/條帶形成非編織纖維層或非編織條帶層，其包含複數個固結成單層單片元件之重疊非編織纖維或條帶層。在較佳非編織物結構中，形成複數個堆疊重疊單帶，其中各單層(單帶)之平行纖維/條帶相對於各單層之縱向纖維/條帶方向正交於各相鄰單層之平行纖維/條帶定位。

重疊非編織纖維/條帶層之堆疊在熱量及壓力下或藉由黏著個別纖維/條帶層之塗層而固結，以形成單層單片元件，其在此項技術中亦稱為單層固結網，其中「固結網」描述纖維/條帶層與聚合基質/黏合劑之固結(合併)組合。在本文中纖維材料亦可包含編織物及非編織物之固結混合組合以及由單向纖維/條帶層及非編織物形成之非編織物組合。

最通常，非編織纖維/條帶層或織物包括1至約6層，但各種應用需要時可包括多達約10至約20層。層數愈大，轉化成之防彈性愈大，但重量亦愈大。如此項技術中所習知，當個別纖維/條帶層交叉疊置以使得一層之纖維/條帶對準方向相對於另一層之纖維/條帶對準方向旋轉成某一角度時達成極佳防彈性。最佳地，纖維/條帶層以 0° 及 90° 角正交交叉疊置，但相鄰層可相對於另一層之縱向纖維/條帶方向以約 0° 與約 90° 之間的實際上任何角度對準。舉例而言，三層非編織結構中之層可以 $\pm 45^\circ$ 定向而形成 $+45^\circ/0^\circ/-45^\circ$ 結構或五層非編織結構中之層可相對於各層之相應縱向纖維/條帶軸線以 $0^\circ/45^\circ/90^\circ/45^\circ/0^\circ$ 定向。該等旋轉單向對準描述於例如美國專利4,457,985；4,748,064；4,916,000；4,403,012；4,623,574；及4,737,402中，所有該等專利均以不與本文不相容的程度以引用之方式併入本文中。其他角度亦適合，諸如相對於相鄰層以 15° 增量或 30° 增量旋轉相鄰層。

固結纖維/條帶層(ply/layer)以形成複體複合物之方法已熟知，諸如美國專利6,642,159中所述之方法。固結可經由乾燥、冷卻、加熱、壓力或其組合來進行。由於該等層剛好可膠合在一起，因此可能不需要熱量及/或壓力，在濕式層合製程中情況的確如此。固結通常如下進行：在足夠之熱量及壓力條件下使個別層定位於彼此之上，以促使該等層合併成整體織物。固結可在約 50°C 至約 175°C 、較佳約 105°C 至約 175°C 之範圍內的溫度下且在約5 psig (0.034 MPa)至約2500 psig (17

MPa)範圍內之壓力下維持約0.01秒至約24小時，較佳約0.02秒至約2小時。加熱時，可促使聚合黏合劑塗層黏著或在未完全熔融的情況下流動。然而，一般而言，若使得聚合黏合劑材料熔融，則形成複合物所必需的壓力相對較小，然而若僅加熱黏合劑材料至黏著點，則通常需要較大壓力。如此項技術中所習知，可在壓延機裝置、平板層合機、壓力機中或在高壓釜中進行固結。亦可藉由使真空下置放於模具中之材料真空成型來進行固結。真空成型技術在此項技術中已熟知。最通常，複數個正交纖維網經由黏合劑聚合物「膠合」在一起且經由平板層合機操作以改良黏合之均一性及強度。另外，固結及聚合物塗覆/黏合步驟可包含兩個各別步驟或單一固結/層合步驟。

或者，可藉由在熱量及壓力下在適合成型設備中成型來達成固結。一般而言，在約50 psi (344.7 kPa)至約5,000 psi (34,470 kPa)、更佳約100 psi (689.5 kPa)至約3,000 psi (20,680 kPa)、最佳約150 psi (1,034 kPa)至約1,500 psi (10,340 kPa)之壓力下進行成型。或者可在約5,000 psi (34,470 kPa)至約15,000 psi (103,410 kPa)、更佳約750 psi (5,171 kPa)至約5,000 psi且更佳約1,000 psi至約5,000 psi之較高壓力下進行成型。成型步驟可耗時約4秒至約45分鐘。較佳成型溫度介於約200°F (約93°C)至約350°F (約177°C)範圍內，更佳在約200°F至約300°F之溫度下且最佳在約200°F至約280°F之溫度下。纖維層藉以成型之壓力對所得成型產物之硬度或可撓性具有直接影響。特定言之，其成型壓力愈高，硬度愈高，且反之亦然。除成型壓力之外，纖維層之量、厚度及組成及聚合黏合劑塗佈類型亦直接影響複合材料之硬度。

雖然本文所述之各成型及固結技術類似，但各方法不同。特定言之，成型為分批製程而固結通常為連續製程。另外，成型通常涉及在形成平板時使用模具，諸如成型模具或配模模具，且未必產生平面產物。固結通常在平板層合機、壓延機輥隙裝置中或以濕式層合形式

進行以製造柔軟(可撓性)人體鎧甲織物。成型通常供製造硬質鎧甲(例如剛性板)之用。在任一方法中，適合溫度、壓力及時間通常取決於聚合黏合劑塗佈材料之類型、聚合黏合劑含量、所用方法及纖維/條帶類型。

在較佳實施例中，以纖維/條帶之重量加上塗層之重量計，構成本發明纖維複合物之黏合劑/基質之總重量較佳佔約2重量%至約50重量%，更佳約5%至約30%，更佳約7%至約20%，且最佳約11%至約16%。較低黏合劑/基質含量適合於編織物，其中以纖維/條帶之重量加上塗層之重量計，聚合黏合劑含量大於零但小於10%通常最佳，但不希望此具限制性。舉例而言，酚系/PVB浸漬編織物有時製造成具有約20%至約30%之較高樹脂含量，但是約12%含量通常較佳。

本發明之材料視情況亦可包含一或多個與其一個或兩個外表面連接之熱塑性聚合物層。適用於熱塑性聚合物層之聚合物非排他性地包括聚烯烴、聚醯胺、聚酯(尤其聚對苯二甲酸乙二酯(PET)及PET共聚物)、聚胺基甲酸酯、乙烯基聚合物、乙烯乙烯醇共聚物、乙烯辛烷共聚物、丙烯酸共聚物、丙烯酸聚合物、乙烯基聚合物、聚碳酸酯、聚苯乙烯、氟聚合物及其類似物以及其共聚物及混合物，包括乙烯乙酸乙烯酯(EVA)及乙烯丙烯酸。天然及合成橡膠聚合物亦適用。其中，聚烯烴及聚醯胺層較佳。較佳聚烯烴為聚乙烯。適用聚乙烯之非限制性實例為低密度聚乙烯(LDPE)、線性低密度聚乙烯(LLDPE)、中等密度聚乙烯(MDPE)、線性中等密度聚乙烯(LMDPE)、線性極低密度聚乙烯(VLDPE)、線性超低密度聚乙烯(ULDPE)、高密度聚乙烯(HDPE)及其共聚物及混合物。可購自Cuyahoga Falls, Ohio之Spunfab, Ltd (Keuchel Associates, Inc.之註冊商標)的SPUNFAB®聚醯胺網以及可購自Cernay, France之Protechnic S.A.的THERMOPLAST™及HELIOPLAST™網、網狀物及薄膜亦適用。可使用熟知技術(諸如熱

層合)將該種熱塑性聚合物層黏合至材料表面。層合通常如下進行：在足夠之熱量及壓力條件下使個別層定位於彼此之上，以促使該等層合併成整體結構。層合可在約95°C至約175°C、較佳約105°C至約175°C範圍內之溫度下、在約5 psig (0.034 MPa)至約100 psig (0.69 MPa)範圍內之壓力下維持約5秒至約36小時，較佳約30秒至約24小時。或者，如熟習此項技術者所瞭解，該等熱塑性聚合物層可經熱膠合或熱熔融纖維黏合至材料表面。

複合材料之厚度將對應於個別纖維/條帶之厚度及併入材料中之層數。舉例而言，較佳編織物之較佳厚度將為每層約25 μm 至約600 μm ，更佳約50 μm 至約385 μm 且最佳每層約75 μm 至約255 μm 。較佳雙層非編織物之較佳厚度將為約12 μm 至約600 μm ，更佳為約50 μm 至約385 μm 且最佳為約75 μm 至約255 μm 。任何熱塑性聚合物層較佳極薄，較佳層厚度為約1 μm 至約250 μm ，更佳為約5 μm 至約25 μm 且最佳為約5 μm 至約9 μm 。諸如SPUNFAB®非編織網之不連續網較佳經塗覆具有每平方公尺6公克(gsm)之基本重量。雖然該等厚度為較佳的，但應瞭解可製得其他厚度以滿足特定需要且仍屬於本發明範疇內。

由複數個混合纖維/條帶層形成之本發明纖維材料之較佳複合物面積密度將為約0.2 psf至約8.0 psf，更佳約0.3 psf至約6.0 psf，更佳約0.5 psf至約5.0 psf，更佳約0.5 psf至約3.5 psf，更佳約1.0 psf至約3.0 psf，且最佳約1.5 psf至約2.5 psf。

本發明之纖維材料可用於各種應用中，以使用熟知技術形成多種不同防彈物品。舉例而言，適用於形成防彈物品之技術描述於例如美國專利4,623,574、4,650,710、4,748,064、5,552,208、5,587,230、6,642,159、6,841,492及6,846,758中，所有該等專利均以不與本文不相容之程度以引用之方式併入本文中。該等纖維材料尤其適用於形成

可撓性柔軟鎧甲物品，包括服裝(諸如背心、褲子、帽子)或其他衣服物品及軍事人員用於抵禦多種彈道威脅(諸如9 mm全金屬外殼(FMJ)子彈及由於手榴彈、炮彈、簡易爆炸裝置(IED)及軍事及維護和平任務中所遇到之其他該等裝置爆炸所產生之多種碎片)之覆蓋物或毯子。

如本文所用，「柔軟」或「可撓性」鎧甲為經受大量應力時不保持其形狀的鎧甲。該等結構亦適用於形成剛性硬質鎧甲物品。「硬質」鎧甲意謂諸如頭盔、軍用車輛面板或保護罩之物品，其具有足夠機械強度，使得其經受大量應力時維持結構剛性且能夠自立而不塌陷。該等結構可切成複數個各別薄片且堆疊以便形成物品或其可形成前驅體，該前驅體隨後用於形成物品。該等技術在此項技術中已熟知。

本發明之服裝可經由此項技術中習知之方法形成。較佳地，可藉由使本發明之防彈物品與衣服物品連接來形成服裝。舉例而言，背心可包含與本發明之防彈結構連接之通用織物背心，其中本發明結構插入戰略上所置之衣袋中。此使防彈作用達到最大化，同時使背心重量最小化。如本文所用，術語「連接(adjoining或adjoined)」意欲包括諸如藉由縫合或黏著及其類似方式附接以及與另一織物之非附接性耦連或毗連，使得防彈物品視情況可容易地自背心或其他衣服物品中移除。用於形成如可撓薄片、背心及其他服裝之可撓結構之物品較佳由使用低拉伸模數黏合劑材料形成。如頭盔及鎧甲之硬質物品較佳(但非排他地)使用高拉伸模數黏合劑材料形成。

防彈性質係使用此項技術中熟知之標準測試程序測定。特定言之，防彈複合物之保護能力或抗穿透性通常藉由引述50%拋射體穿透複合物、同時50%被複合物阻止時之衝擊速度表示，亦稱為 V_{50} 值。如本文所用，物品之「抗穿透性」為針對指定威脅物(諸如物理物

件，包括子彈、碎片、彈片及其類似物)之抗穿透性。對於具有相等面積密度(其為複合物之重量除以其面積)之複合物， V_{50} 愈高，複合物之防彈性愈佳。

針對指定威脅物之抗穿透性亦可由防彈材料之總比吸能率(total specific energy absorption)(「SEAT」)表示。總SEAT為威脅物之動能除以複合物之面積密度。SEAT值愈高，則複合物之抗威脅性愈佳。本發明物品之防彈性將視許多因素而變化，特定言之用於製造纖維材料之纖維的類型、纖維材料中纖維之重量百分比、塗佈材料之物理性質的適用性、構成纖維材料之織物的層數及纖維材料之總面積密度。

以下非限制性實例用以說明本發明：

實例1

為製備本發明之混合纖維層，使用高壓空氣噴流將650丹尼爾SPECTRA®1000纖維束與500丹尼爾芳族聚醯胺纖維摻合。此舉產生1100丹尼爾混合纖維。由此混合纖維製成若干1 lb混合纖維線軸。接著使用此等線軸將纖維轉變成複數條纖維面積密度為 53 g/m^2 (gsm)之單帶。藉由將纖維浸入樹脂浴槽中來塗覆水基聚胺基甲酸酯樹脂(諸如BayerDISPERCOLL® U53樹脂)於單帶上。接著使各單帶通過熱烘箱以移除任何揮發物。完成乾燥後，單帶之樹脂含量為 $16 \pm 2\%$ 。接著，將單帶交叉疊置以獲得 $0^\circ/90^\circ$ 材料之連續2層捲筒。

實例2 (比較)

重複實例1之方法，除了由100% 650丹尼爾SPECTRA®1000纖維製造纖維層。纖維經相同樹脂塗佈且含有相同樹脂含量。將單帶交叉疊置以獲得 $0^\circ/90^\circ$ 材料之連續2層捲筒。

實例3 (比較)

重複實例1之方法，除了由100% 1000丹尼爾芳族聚醯胺纖維製造纖維層。纖維經相同樹脂塗佈且含有相同樹脂含量。將單帶交叉疊

置以獲得 $0^{\circ}/90^{\circ}$ 材料之連續2層捲筒。

使實例1-3之各材料形成40 cm×40 cm射包。將射包在各拐角處縫合以將各層連在一起。按照NIJ標準0101.06，在經校準之127 cm厚Roma Plastilina #1黏土塊上進行測試。根據至少八顆子彈射擊各射包之平均值，測試獲得的 V_{50} 值在 ± 15 mps內，其中4顆子彈完全穿透射包且4顆子彈部分穿透射包。資料預期顯示藉由使用混合纖維層，防彈性增加且背面變形減少。

實例4 (本發明)、實例5 (比較)及實例6 (比較)

將來自各實例1至3之複數個30 cm×30 cm纖維層切割並堆疊，維持 $0^{\circ}/90^{\circ}$ 交叉疊置組態。各堆疊接著在安裝於200公噸液壓機中之 120°C 預熱模具中成型。各材料之堆疊在無成型壓力的情況下在模具中預熱20分鐘。20分鐘後，施加全部夾持壓力。成型15分鐘後，開始冷卻循環。在冷卻循環期間，不釋放成型壓力。此製程使堆疊轉變成固結面板。一旦面板達至 50°C ，即打開模具且釋放面板用於測試。

成型後48小時，將各面板安裝在框架上，面板背面不具有任何黏土。對各面板發射若干17顆FSP (碎片模擬拋射體)，獲得 ± 15 m/s內之 V_{50} 。資料預期顯示由混合纖維層形成之面板與其他非混合面板相比具有較佳防彈穿性。

雖然本發明已參考較佳實施例特定顯示且描述，但一般技術者將容易瞭解在不背離本發明之精神及範疇的情況下可作出各種變化及修改。希望申請專利範圍解釋為涵蓋所揭示之實施例，上文已討論之彼等替代形式及其所有等效形式。

【符號說明】

無

申請專利範圍

1. 一種包含至少一個混合層之防彈材料，該混合層包含複數根纖維或複數條條帶或兩者兼具，該複數根纖維包含至少兩種物理上不同的纖維類型且該複數條條帶包含至少兩種物理上不同的條帶類型，該等物理上不同的纖維或條帶類型具有至少一種相異的物理性質，其中該等條帶具有大於3:1之平均橫截面縱橫比，且其中當該材料包含複數根纖維時，該等纖維中大於50重量%具有至少25公克/丹尼爾之韌度，且其中該至少兩種物理上不同的纖維或條帶類型係由相同聚合物形成。
2. 如請求項1之材料，其中該等纖維中大於50重量%具有至少30公克/丹尼爾之韌度。
3. 如請求項1之材料，其中該混合層包含複數根韌度為至少25公克/丹尼爾之高韌度纖維及複數根韌度小於10公克/丹尼爾之低韌度纖維。
4. 如請求項1之材料，其中該混合層包含複數根具有第一單絲丹尼爾數之纖維及複數根具有第二單絲丹尼爾數之纖維，其中該第一單絲丹尼爾數大於該第二單絲丹尼爾數。
5. 如請求項1之材料，其中該混合層包含複數根物理上相異的聚乙烯纖維。
6. 如請求項1之材料，其中該混合層包含複數根物理上相異的芳族聚醯胺纖維。
7. 如請求項1之材料，其中該混合層包含物理上相異的纖維類型，其既不扭結，亦不纏結。
8. 如請求項1之材料，其中該材料包含非編織之單向定向複合物，該複合物包含複數根單向定向、實質上平行的纖維或複數條單

向定向、實質上平行的條帶，其中各混合層中之相鄰平行纖維或相鄰平行條帶為不同纖維類型或不同條帶類型。

9. 如請求項1之材料，其中該至少一個混合層包含複數個物理上相異的聚乙烯條帶。
10. 如請求項1之材料，其包含複數個混合層，該等混合層係經固結在一起。
11. 如請求項1之材料，其中該混合層包含複數根纖維及複數條條帶。
12. 如請求項11之材料，其中該混合層包含複數根聚乙烯纖維及複數條聚乙烯條帶。
13. 如請求項11之材料，其中該混合層包含複數根芳族聚醯胺纖維及複數條聚乙烯條帶。